

Piezoelectrically activated microvalve for triggering dimensional change in a machined part by applying an electrical voltage includes a piezoelectrically activated actuator, a transmission gearing and a valve lock.

Patent Number: DE19946003
Publication date: 2000-05-25
Inventor(s): GEBERT NORBERT (DE); WOLF UDO (DE); ROSCHER DIETRICH (DE)
Applicant(s): MEONIC SYS ENG GMBH (DE)
Requested Patent: ☐ DE19946003
Application Number: DE19991046003 19990925
Priority Number(s): DE19991046003 19990925
IPC Classification: F16K7/00; F16K31/02; H02N2/02
EC Classification: H01L41/09, F15C5/00, F16K31/00E
Equivalents:

Abstract

Transmission gearing acting on a microvalve (1) includes a one-piece machined part (9) with a piezoelectrical actuator (8) to trigger dimensional change in the machined part through electrical voltage. Having enclosed coupling gearing with single coupling links (13,14) to spring-actuated joints (11.1,13.1,14.1), the machined part's axial length change during its dimensional change is transmitted via coupling links onto the microvalve's lock.

Data supplied from the esp@cenet database - 12



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 199 46 003 A 1

51 Int. Cl.⁷:
F 16 K 7/00
F 16 K 31/02
H 02 N 2/02

21 Aktenzeichen: 199 46 003.5
22 Anmeldetag: 25. 9. 1999
43 Offenlegungstag: 25. 5. 2000

DE 199 46 003 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

71 Anmelder:
MEONIC System Engineering GmbH, 99097 Erfurt,
DE
74 Vertreter:
Enders, H., Dipl.-Ing.(FH)Pat.-Ing.Dipl.-Jur.,
Pat.-Anw., 99195 Großrudstedt

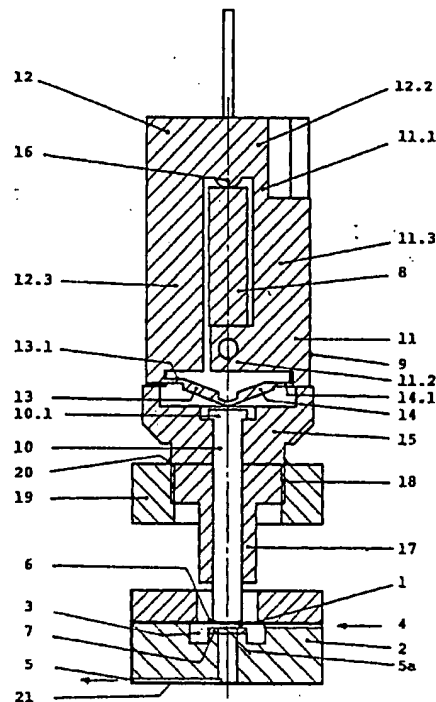
72 Erfinder:
Roscher, Dietrich, Dr.-Ing., 99099 Erfurt, DE; Wolf,
Udo, Dipl.-Ing., 99089 Erfurt, DE; Gebert, Norbert,
Dipl.-Ing., 99195 Schwansee, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Piezoelektrisch betätigtes Mikroventil

57 Ein piezoelektrisch betätigtes Mikroventil, das ein piezoelektrisch betätigtes Stellglied, ein Übersetzungsgetriebe und ein Ventilverschluß umfaßt, ist dadurch gekennzeichnet, daß das auf das Mikroventil wirkende Übersetzungsgetriebe aus einem einteiligen Formteil (9) besteht, in dem ein piezoelektrischer Aktuator (8) eingesetzt ist, der bei Anlegen einer elektrischen Spannung eine Verformung des Formteiles (9) hervorruft, dessen axiale Längenänderung bei der Verformung über Koppelglieder (13; 14) des Formteiles (9) auf den Verschluß des Mikroventils (1) übertragen wird.

Das Formteil (9) besteht aus einem geschlossenen Koppelgetriebe, dessen einzelne Koppelglieder mit Federgelenken (11.1; 13.1; 14.1) verbunden sind und über die bei aktivem Piezo-Aktuator (8) eine übersetzte resultierende axiale Stellbewegung abgeleitet wird.



DE 199 46 003 A 1

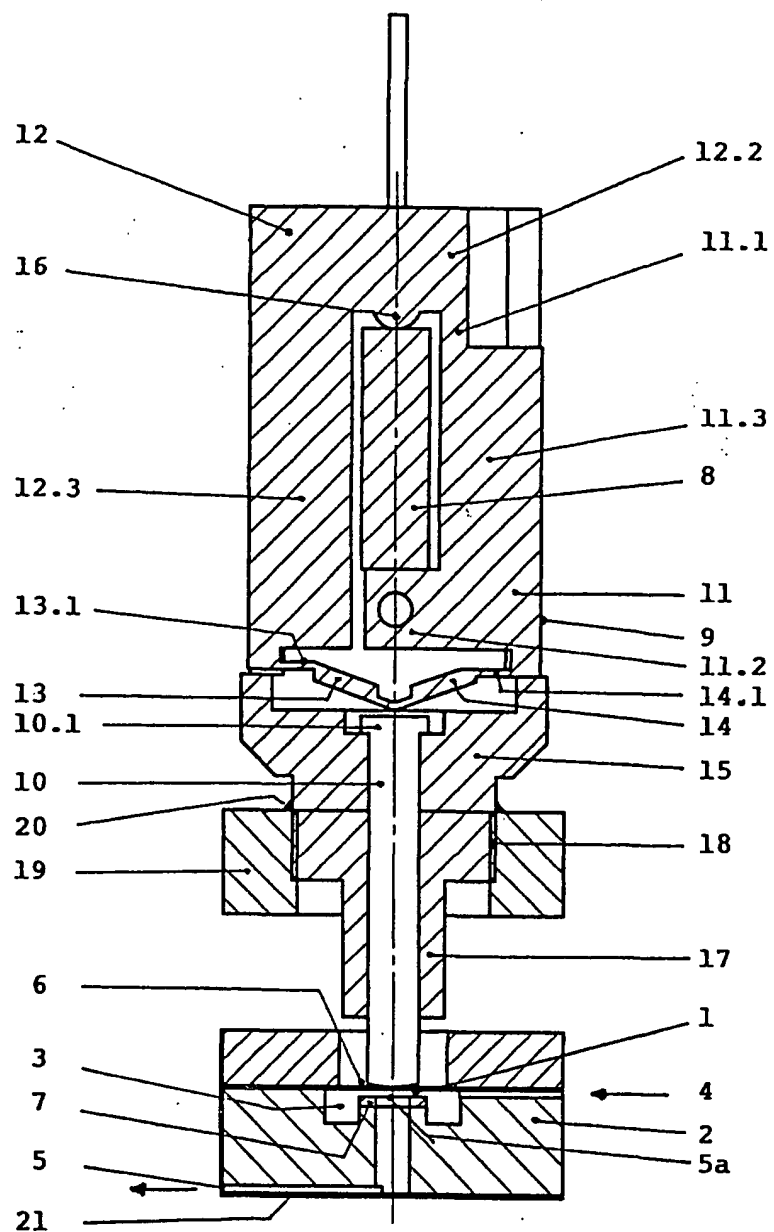


Fig.1

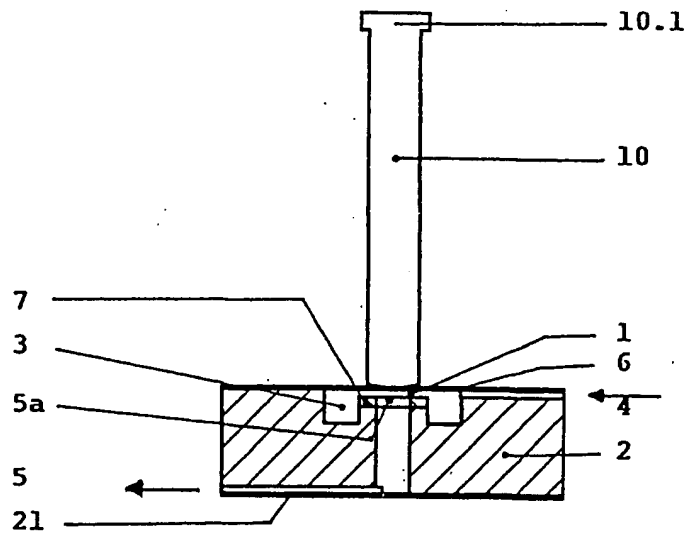


Fig.2

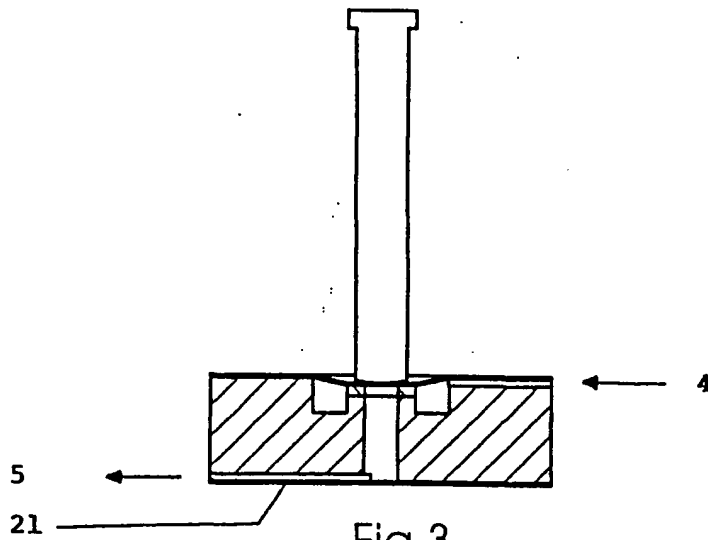


Fig.3

Die Erfindung betrifft ein piezoelektrisch betätigtes Mikroventil, das ein piezoelektrisch betätigtes Stellglied umfasst, das auf ein Ventilverschluss wirkt, wenn das Ventil aus einer Schließstellung in eine Offenstellung gebracht wird.

Mikroventile können allgemein in der Pneumatik und Fluidik bei der Steuerung von Gas- und Flüssigkeits-Strömungen, also Fluidströmungen, verwendet werden. Ein solches Ventil wird dabei zur Steuerung eines Volumenstromes bzw. Drucks in einer Zuleitung und dgl. eingesetzt.

Derzeit bekannte piezoelektrisch betriebene Mikroventile, die auf dem inversen piezoelektrischen Effekt beruhen, weisen eine große, meist einseitig eingespannte Piezokeramik auf, mit der der Fluidstrom direkt geregelt wird. Ein derartiges piezoelektrisch betriebenes Silizium-Mikroventil ist in R. Roßberg, B. Schmidt, S. Büttgenbach: "Micro Liquid Dosing System", Microsystem Technologies 2 (1995), S. 11 bis 16, Springer-Verlag 1995, beschrieben. Bei solchen Mikroventilen kann die Piezokeramik entweder selbst als Ventilstößel dienen oder es wird ein direkt von der Piezokeramik geführter Ventilstößel eingesetzt.

Diese in der obigen Schrift beschriebenen Mikroventile weisen den Nachteil auf, daß für die für einen großen Durchfluß benötigte Auslenkung des Ventilstößels, der auch als Ventilklappe bezeichnet wird, über dem Ventilsitz eine sehr lange Piezokeramik benötigt wird. Zur Aufnahme einer solchen Piezokeramik ist selbstverständlich auch ein entsprechend großes Gehäuse erforderlich. Die bekannten piezobetriebenen Mikroventile, wie sie beispielsweise in der oben genannten Schrift beschrieben sind, weisen also im Vergleich zu ihrer Baugröße eine kleine Ventilöffnung auf.

In der DE 196 48 730.7 wird ein Mikroventil beschrieben, das einen Grundkörper mit einer Durchlaßöffnung, einen Stößel, eine Aufhängungsvorrichtung, durch die der Stößel gegenüber dem Grundkörper derart führbar ist, daß die Durchlaßöffnung durch den Stößel verschlossen oder freigegeben werden kann, und eine piezoelektrische Betätigungsvorrichtung zur Betätigung des Stößels, deren Erstreckung in Längsrichtung durch das Anlegen einer elektrischen Spannung veränderbar ist, aufweist. In Längsrichtung voneinander beabstandete Enden der piezoelektrischen Betätigungsvorrichtung sind mit in Längsrichtung voneinander beabstandeten Enden der Aufhängungsvorrichtung verbunden. Bei diesem Mikroventil wird eine durch das Anlegen einer elektrischen Spannung bewirkte Änderung der Erstreckung der piezoelektrischen Betätigungsvorrichtung in Längsrichtung in eine Bewegung des Stößels senkrecht zu der Längsrichtung übersetzt, derart, daß dadurch die Durchlaßöffnung freigegeben oder verschlossen wird.

Diese Art von Mikroventilen weisen den Nachteil auf, daß die Übersetzung der Stößelbewegung durch einen Stauchvorgang in der Aufhängung des Stößels hervorgerufen wird und die Verbindung zwischen der Aufhängung des Stößels und der Piezokeramik einer sehr hohen Belastung ausgesetzt ist. Eine Justierung des Verschlusorgans und eine Anordnung eng beieinander liegender Ventile ist außerdem problematisch, da sie einen nicht unerheblichen Flächenbedarf haben. Darüberhinaus sind die Antriebselemente, wie Aktuator und Stößel, im Ventilgehäuse eingesetzt und damit dem Flüssigkeitsstrom ausgesetzt und nach der Montage im Gehäuse nicht mehr für Einstellarbeiten bzw. Justierungen erreichbar.

Die Verwendung von Piezoaktuatoren als Stellglieder einer Getriebekette haben den Vorteil, daß sie bei sehr hoher Dynamik sehr hohe Stellkräfte bewirken und keine mechanisch bewegten Teile benötigen. Diese Aktuatoren haben jedoch den Nachteil, daß sie bei Anlegen einer Spannung nur

sehr kleine Längenänderungen bewirken.

In der Meßtechnik und bei Schreibgeräten werden daher Übersetzungsgetriebe eingesetzt, die die Längenänderung des Aktuators in eine übersetzte Stellgliedbewegung umsetzen. Dabei werden mehrgliedrige Getriebeelemente verwendet, die mechanisch geführt bzw. gelagert werden müssen und jeweils der Reibung und dem Verschleiß unterliegen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein piezoelektrisch betätigtes Mikroventil der eingangs genannten Art zu schaffen, das betriebssicher ist und eine lange Betriebsdauer sicherstellt, selbständig eine mechanische Rückstellung gewährleistet und einstell- bzw. justierbar ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das auf das Mikroventil wirkende Übersetzungsgetriebe aus einem einteiligem Formteil besteht, in das ein piezoelektrischer Aktuator mit einer Vorspannung spielfrei eingesetzt ist, der bei Anlegen einer elektrischen Spannung eine Verformung des Formteiles hervorruft, dessen axiale Längenänderung bei der Verformung über einen Stößel axial die ventilschließende elastische Durchbiegung der Ventilplatte des Mikroventiles entspannt und diese in ihre die Ventil öffnende Ausgangslage schwingen läßt. Die Ventilplatte ist dazu in einem vorgegebenen Abstand zur Oberkante der Ventilöffnung angeordnet und um diesen Abstand elastisch durchbiegbar. Sie besteht zweckmäßig aus einer Metallfolie, insbesondere aus einem Federmaterial.

Wird der aus einem Piezostapel bestehende Piezoaktuator inaktiv, geht das Formteil in seine Ausgangslage zurück und veranlaßt über seine gleichschenkligen Koppelglieder eine Axialbewegung in Richtung der Ventilplatte. Der ebenfalls axial wirksame Stößel bewirkt somit die Durchbiegung der Ventilplatte und durch diese ein Verschließen der Mikroventilöffnung.

Auf dem Rand der Mikroventilöffnung ist ein elastisches Dichtelement angeordnet, das einen sicheren Verschluss der Ventilöffnung bei Andruck der Ventilplatte garantiert. Das einteilige Formteil ist als Übersetzungsgetriebe ausgebildet, deren Gelenke vorteilhaft als Federgelenke ausgebildet sind, so daß das Formteil bei Krafteinwirkung durch den Aktuator ein mehrgliedriges Koppelgetriebe darstellt und Bewegungen ausführt.

Zwei L-förmige Schenkel des Formteiles sind dabei so über ein Federgelenk miteinander verbunden, daß sie bei Ansteuerung eines angeordneten Piezoaktuators zwischen den Schenkeln eine Aufspreizung erfahren und zwei weitere winklig angelenkte annähernd gleichschenklige Koppelglieder strecken und durch diese Koppelglieder eine resultierende axiale Bewegung auf der Wirkungslinie des Stößels bewirken.

Einer der L-förmigen Schenkel des Formteiles ist fest mit dem Gehäuse verbunden, während sich die anderen Glieder des Koppelgetriebes so bewegen, daß der Stößel für das Mikroventil um den erforderlichen Weg zwischen der "Schließ"- und "Offen"-Stellung des Ventils bewegt wird. Dieser Weg des Stößels beträgt ein Vielfaches der Bewegungsamplitude des piezoelektrischen Aktuators im Formteil.

In der Ausgangslage des Formteiles drücken die Koppelglieder über den Stößel auf die Ventilplatte, die sich dabei durchbiegt und das Mikroventil schließt und geschlossen hält. Das gesamte Übersetzungsgetriebe ist in einer Halterung so eingesetzt, daß es mittels Feingewinde in axialer Richtung justierbar ist. Diese Einstellung erfolgt dabei so, daß bei inaktiven Aktuator das Gehäuse mit dem Formteil und dem Stößel soweit über das Feingewinde gegen die Ventilplatte verdreht wird, bis die Ventilplatte die Ventilöffnung sicher verschließt. Diese Justage wird gesichert mittels Lacksicherung. Vorteilhafterweise ist die Stirnfläche des

Stößels konvex bzw. sphärisch geformt und damit der Form der gebogenen Ventilplatte bei verschlossenem Ventil angepasst. Auf der gegenüberliegenden Seite weist der Stößel einen Bund auf.

Die elastische Vorspannung der Ventilplatte bei verschlossenem Ventil ist so gewählt, daß bei Ansteuerung des Aktuators und der dabei entstehenden Entlastung des Stößels ein selbständiges Zurückfedern der Ventilplatte und eine Rückstellung des Stößels erreicht wird.

Die Öffnung des Mikroventils erfolgt also durch Anlegen einer Antriebsspannung an den piezoelektrischen Aktuator, der aus einem Stapel piezoelektrischer Elemente besteht. Der Aktuator erfährt eine Längenänderung bzw. -ausdehnung und erzeugt so einen Hub, mit der das Formteil verformt und gespannt wird. Gleichzeitig wird der Stößel entlastet und die Ventilplatte kann sich, wie oben bereits beschrieben, entspannen und in die Ausgangslage, die die Offenstellung des Ventils bedeutet, zurückfedern.

Die Erfindung hat den Vorteil, daß mit geringem Aufwand, wenig bewegten Teilen und geringer elektrischer Energie Mikroventile gesteuert geöffnet oder geschlossen werden können.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß die Ventilanordnung einen geringen Platzbedarf hat, so daß mehrere Ventile eng aneinander plaziert werden können. Die Anordnung ist für einen Dauerbetrieb geeignet, da sie keiner Wartung unterliegt und ein mechanischer Verschleiß nicht auftritt. Ein weiterer Vorteil besteht auch darin, daß die steuerbaren Teile bzw. Übersetzungsgetriebe nicht im, sondern außerhalb des Mikroventils angeordnet sind und eine spielfreie Justage ermöglichen.

Der der Erfindung zugrundeliegende Gedanke wird in der nachfolgenden Beschreibung anhand eines Ausführungsbeispiels, das in der Zeichnung dargestellt ist, näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung des piezoelektrisch betätigten Mikroventils mit Antriebs- und Übersetzungseinheit im Schnitt bei Offenstellung des Mikroventils,

Fig. 2 ein Längsschnitt durch das Mikroventil gem. Fig. 1 in geöffneter Stellung,

Fig. 3 ein Längsschnitt durch das Mikroventil gem. Fig. 1 in geschlossener Stellung;

Das Mikroventil 1 – Fig. 1 – besteht aus einer in einem Kanalkörper 2 eingeformten Ventilkammer 3 mit einem Ventilzulauf 4 und einem Ventilablauf 5. Über dem Ventilablauf 5 ist eine elastische Ventilplatte 6 so angeordnet, daß ein Abstand zwischen Ventilplatte 6 und der Oberkante 5a des Ventilablaufes 5 besteht. Das Mikroventil 1 ist hier in seiner "Offen"-Stellung erkennbar.

Durch Druck auf die elastische Ventilplatte 6 erfährt diese eine Durchbiegung und wird gegen die Oberkante 5a des Ventilablaufes 5 gedrückt. Das Mikroventil 1 ist somit in seiner "Schließ"-Stellung. Zur Abdichtung des Ventils in der "Schließ"-Stellung ist das Mikroventil 1 am Rand des Ventilablaufes 5 mit einer Dichtung 7 versehen, gegen die die Ventilplatte 6 drückt.

Die Ventilplatte 6 besteht zweckmäßig aus einer Metallfolie, die bei Aufhebung des Druckes selbständig in ihre Ausgangslage zurückfedert.

Zur Betätigung des Mikroventils 1 wird ein Piezoaktuator 8 in Verbindung mit einem mechanischem Übersetzungsgetriebe verwendet, da der Piezoaktuator 8 allein und bei Ansteuerung nur kleine Längenänderungen bewirken kann.

Das Übersetzungsgetriebe besteht aus einem einteiligen Formteil 9, in das ein piezoelektrischer Aktuator 8 spielfrei eingesetzt ist, der bei Anlegen einer elektrischen Spannung V eine Verformung des Formteiles 9 hervorruft und dessen

axiale Längenänderung in Richtung des Mikroventils 1 über einen Stößel 10 das Mikroventil 1 zwischen "Offen" und "Zu" steuert.

Das einteilige Formteil 9 besteht aus zwei L-förmigen Schenkeln 11; 12, die über ein Federgelenk 11.1 so verbunden sind, daß sich die kurzen Schenkel 11.2; 12.2 und die langen Schenkel 11.3; 12.3 jeweils gegenüberstehen. Weiterhin sind zwei annähernd gleich schenkellige Koppelglieder 13; 14 ebenfalls mittels Federgelenken 13.1; 14.1 winklig an den L-förmigen Schenkeln 11; 12 angelenkt, so daß das Formteil 9 insgesamt ein geschlossenes Koppelgetriebe bildet. Einer der L-förmigen Schenkel 11 ist fest mit dem Gehäuse 15 verbunden, während der andere L-förmige Schenkel 12 über das Federgelenk 11.1 beweglich ist und die Bewegung auf die gleichschenkligen Koppelglieder 13; 14 überträgt.

Zwischen den kurzen Hebeln 11.2; 12.2 der L-förmigen Schenkel ist der Piezo-Aktuator 8 spielfrei vorgespannt eingesetzt, der aus einem Piezostapel besteht. Am gestellfestem Schenkel 11 ist der Piezo-Aktuator 8 befestigt, während er sich auf seiner gegenüberliegenden Seite an einem Nocken 16 des zweiten L-förmigen Schenkels 12 abstützt.

Bei Ansteuerung des Piezo-Aktuators 8 treibt er durch seine Längenänderung die L-förmigen Schenkel 11; 12 auseinander und streckt die angekoppelten gleichschenkligen Koppelglieder 13; 14 in einem bestimmten Übersetzungsverhältnis. Mit dem so aus einem einteiligen Formteil realisierten Koppelgetriebe wird ein Übersetzungsverhältnis von ca. 1 : 10 erreicht.

Eine gemeinsame resultierende axiale Wirkungslinie der gleichschenkligen Koppelglieder 13; 14 wird ausgenutzt, die übersetzte Längenänderung auf einen Stößel 10 zu übertragen, der das Mikroventil 1 öffnet oder schließt. Der Stößel 10 ist dazu in einem Führungselement 17 verschiebbar angeordnet, das mit dem Gehäuse 15 fest verbunden ist.

Das Gehäuse 15 mit dem eingesetzten Stößel 10 und dem Übersetzungsgetriebe als Antriebseinheit ist mittels Feingewinde 18 in einem Halter 19 eingeschraubt, der mit dem Kanalkörper 2 fest verbunden ist. Gleichzeitig dient das Feingewinde 18 zur Justage und Einstellung der Antriebseinheit in Richtung der Ventilplatte 6. Bei inaktiven Piezoaktuator 8 wird die Antriebseinheit so eingestellt, daß der Stößel 10 auf die Ventilplatte 6 drückt und das Mikroventil 1 schließt. Diese Einstellung kann mittels Lacksicherung 20 am Gewindeansatz festgelegt bzw. gesichert werden. Zur Öffnung des Mikroventils 1 wird der Piezo-Aktuator 8 mit einer elektrischen Spannung aktiviert und die am Kopf des Stößels 10 anliegenden gleichschenkligen Koppelglieder 13; 14 entlastenden Stößel 10 und bewegen sich axial weg vom Mikroventil 1 um den erforderlichen und übersetzten Weg. Die Ventilplatte 6 entspannt sich, geht in ihre "Offen"-Stellung des Mikroventils 1 und schiebt gleichzeitig den Stößel 10 zurück.

Alternativ zur Abdichtung der Ventilplatte 6 am Ventilablauf 5 wird vorgeschlagen, die Ventilplatte 6 einseitig mit einer elastischen Schicht zu belegen, die sich beim Verschließen an den Rand des Ventilablaufes 5 andrückt und das Mikroventil abdichtet. Das erfindungsgemäße Mikroventil 1 hat den Vorteil, daß die Antriebseinheit außerhalb des von der Flüssigkeit durchströmten Bereiches liegt und zur Steuerung nur einen geringen Energieaufwand benötigt. Ein weiterer Vorteil besteht im sicheren Öffnen und Verschließen des Ventils und in einer vorteilhaften Justagemöglichkeit. Das Übersetzungsgetriebe benötigt nur wenig bewegte Teile und weist keine mechanischen Lagerstellen auf.

Bezugszeichenliste

1 Mikroventil	
2 Kanalkörper	
3 Ventilkammer	
4 Ventilzulauf	5
5 Ventilablauf	
5a Oberkante	
6 Ventilplatte	
7 Dichtung	10
8 Piezo-Aktuator	
9 Formteil	
10 Stößel	
10.1 Bund	
11 L-förmiger Schenkel	15
11.1 Federgelenk	
11.2 kurzer Schenkel	
11.3 langer Schenkel	
12 L-förmiger Schenkel	
12.2 kurzer Schenkel	20
12.3 langer Schenkel	
13 Koppelglied	
13.1 Federgelenk	
14 Koppelglied	
14.1 Federgelenk	25
15 Gehäuse	
16 Nocken	
17 Führung	
18 Feingewinde	
19 Halter	30
20 Lacksicherung	
21 Abdeckplatte	

Patentansprüche

1. Piezoelektrisch betätigtes Mikroventil, das ein piezoelektrisch betätigtes Stellglied, ein Übersetzungsgetriebe und ein Ventilverschluß umfaßt, **dadurch gekennzeichnet**, daß das auf das Mikroventil wirkende Übersetzungsgetriebe aus einem einteiligem Formteil (9) besteht, in dem ein piezoelektrischer Aktuator (8) eingesetzt ist, der bei Anlegen einer elektrischen Spannung eine Verformung des Formteiles (9) hervorruft, dessen axiale Längenänderung bei der Verformung über Koppelglieder (13; 14) des Formteiles (9) auf den Verschluß des Mikroventiles (1) übertragen wird. 40
2. Piezoelektrisch betätigtes Mikroventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Formteil (9) aus einem geschlossenen Koppelgetriebe besteht, dessen einzelnen Koppelglieder mit Federgelenken (11.1; 13.1; 14.1) verbunden sind und über die bei aktiven Piezo-Aktuator (8) eine übersetzte resultierende axiale Stellbewegung abgeleitet wird. 50
3. Piezoelektrisch betätigtes Mikroventil nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß das einteilige Formteil (9) aus zwei L-förmigen Schenkeln (11; 12) mit jeweils einem kurzen und einem langen Schenkel (11.2; 12.2) und zwei daran angelenkten annähernd gleichschenkligen Koppelgliedern (13; 14) besteht, die mit Federgelenken (13.1; 14.1) miteinander zu einem geschlossenen Koppelgetriebe verbunden sind. 60
4. Piezoelektrisch betätigtes Mikroventil nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den annähernd gleichschenkligen streckbaren Koppelgliedern (13; 14) und dem Verschluß des Mikroventils (1) ein Stößel (10) als Übertrager angeordnet ist. 65
5. Piezoelektrisch betätigtes Mikroventil nach An-

spruch 1 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Stößel (10) am oberen Ende einen durchmesserverstärkten Bund und am unteren Ende eine konvexe sphärische Stirnfläche aufweist.

6. Piezoelektrisch betätigtes Mikroventil nach Anspruch 1 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Verschluß des Mikroventils (1) aus einer elastischen Metallplatte (6) besteht, die mit einem Abstand über der Oberkante (5a) des Ventilablaufes (5) fest angeordnet ist.

7. Piezoelektrisch betätigtes Mikroventil nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Oberkante (5a) des Ventilablaufes (5) eine Dichtung (7) angeordnet ist.

8. Piezoelektrisch betätigtes Mikroventil nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Piezo-Aktuator (8) einerseits am kurzen Schenkel (11.2) des feststehenden L-förmigen Schenkels (11) befestigt ist und sich an einem am beweglichen L-förmigen Schenkel (12) angeordneten Nocken (16) abstützt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen
